# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number:

(43)Date of publication of application: 17.08.1999

(51)Int.CI.

H01S 3/18 H01L 33/00

(21)Application number: 10-337197 (22)Date of filing:

27.11.1998

(71)Applicant:

NICHIA CHEM IND LTD

(72)Inventor:

**NAGAHAMA SHINICHI IWASA SHIGETO** 

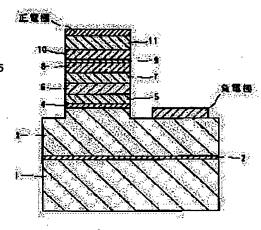
NAKAMURA SHUJI

# (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

### (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the luminous output of a semiconductor laser by a method, wherein first second and third N-type layers and an active layer having a multiple quantum well structure are laminated on an N-type contact layer, and the laminated material is formed into a double heterostructure.

SOLUTION: A selective etching is performed from a P-type contact layer 11 of a wafer formed into a structure, wherein a buffer layer 2 and a contact layer 3 are grown on the surface of a sapphire substrate 1. A first n-type layer 4 consisting of an n-type InGaN layer, a second N-type layer 5 consisting of an n-type AlGaN layer, a third n-type layer 6 consisting of an n-type GaN layer, and an active layer 7 consisting of a multiple quantum well structure, are grown on the layer 3 and three layers of p-type nitride semiconductor layers 8, 9 and 10, the p-type contact layer 11 are laminated on the layer 7, the surface of the n-type contact layer 3 is made to expose, and stripped electrodes are respectively formed on the exposed surface of the layer 3 and the surface of the layer 11. The grown layers 3 to 7, the laminated layers 8, 9, 10 and 11 and the electrode on the layer 11 are etched from the direction intersecting orthogonally the layers 3 to 11, the electrode on the layer 11, vertical etched end surfaces are formed to form a reflecting mirror, and the reflecting mirror is used as a resonance surface.



## **LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

27.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

16.07.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3371830

[Date of registration]

22.11.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

2002-15677

[Date of requesting appeal against examiner's decision of

15.08.2002

rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTC)

(19) 日本国格許庁 (JP)

数() 幹公司 华 噩 **谷**(2)

(11)特許出題公園番号

特開平11-224972

(43)公開日 平成11年(1999)8月17日

ပ 673

H018 H01L

673

3/18 H01L 33/00

(51) Int CL. H01S 耐水項の数7 OL (全 6 頁) 医多种性 医多种

|                     |                       | 缸                  |          |                    |          |               |
|---------------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|---------------|
| 000226057           | 日亜化学工業株式会社            | 徳島県阿南市上中町西491番地100 | 成第 第一    | 插島県阿南市上中町岡491番地100 | 华江蒙林式会社内 | (72)発明者 岩佐 成人 |
| (71) 出國人 000228057  |                       |                    | (72) 発明者 |                    |          | (72) 発明者      |
| <b>仲间平10—337197</b> | <b>特閣平7-305281の分割</b> | 平成7年(1995)11月24日   |          |                    |          |               |
| (21)出國都与            | (62) 分割の投示            | (22)田間田            |          |                    |          |               |

累

**德島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化** 

**学工業株式会社内** 

中村

(72) 発明者

節島原阿齊市上中町岡491番地100 日亜化

学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 聖化物半導体発光素子

(57) [要約]

[目的] 窒化物半導体よりなる発光繋子の新規な構造 を提供することにより、発光出力を高めて半導体レーサ を実現する。

第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を 有する活性層と、第一のp型層と、第二のp型層と、第 n型コンタクト層の上に、第一のn型層と、 【類好】

三の中型層と、中型コンタクト層とが順に積層され、ダ

ブルヘテロ構造を有する。

压制商

(条件請求の範囲)

第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を 有する活性層とが積層され、ダブルヘテロ構造を有する -×-rN、0≦X、0≦Y、X+Y≦1) よりなる発光漿子 であって、n型コンタクト層の上に、第一のn型層と、 【請求項1】 蛮化物半導体(InxAlvGa 蛮化物半導体発光索子。

であって、多重量子井戸構造を有する活性層の上に、第 −のp型層と、第二のp型層と、第三のp型層と、p型 コンタクト層とが頃に積層され、ダブルヘテロ構造を有 -x-rN、0≤X、0≤Y、X+Y≤1) よりなる発光報子 【請求項2】 強化物半導体 (InxAlyGa する強化物半導体発光器子。

有する活性層と、第一のp型層と、第二のp型層と、第 第二のn型層と、第三のn型層と、多重量子井戸構造を 三のp型層と、p型コンタクト層とが順に積磨され、ダ |-x-rN、0≤X、0≤Y、X+Y≤1) よりなる発光素子 であって、ロ型コンタクト層の上に、第一のロ型層と、 ブルヘテロ構造を有する蛮化物半導体発光素子。 【請求項3】 窒化物半導体(InxAlvGa

り、前記第一のn型層がInを含むn型の窒化物半導体 からなり、前配第二のn型層がA1を含むn型の選化物 nを含む変化物半導体からなる請求項1または3に記載 半導体からなり、前記第三のn型層がGaN若しくは1 【群水項4】 前記n型コンタクト層がGBNからな の蛮化物半導体発光素子。

層がA1を含むp型蜜化物半導体からなり、前配p型コ [請求項5] 前記第一のp型層がAlを含むp型窒化 物半導体からなり、前配第二のp型層がGaN若じくは I nを含むp型蜜化物半導体からなり、前配第三のp型 ンタクト層がGaNからなる酵水項2または3に記載の 盛化物半導体聚光素子。

3、4の内のいずれか一項に記載の強化物半導体発光素 【請求項6】 前記第二のn型層が光閉じ込め層であ り、前記第三の n 型層が光ガイド層である欝水項 1、

【請求項7】 前記第二のp型層が光ガイド層であり、 前記第三の p 型層が光閉じ込め層である請求項2、3、 5の内のいずれか一項に記載の窗化物半導体発光報子。 [発明の詳細な説明]

[000]

D) 、レーザダイオード(L D) 毎に使用される蜜化物 半導体 (Inx A 1 r G a 1 - x - r N 、 0 ≤ X 、 0 ≤ Y 、 X + Y 【産業上の利用分野】本発明は発光ダイオード(LE ≦1)よりなる発光茶子に関する。

長法)、HDVPE(ハライド気相成長法) 毎の気相成 (有機金属気相成長法)、MBE (分子線ピーム気相成 【従来の技術】 I nx A 1 rG a 1-x-r N (0≦X、0≦ (、X+Y≤1) で示される盗化物半導体はMOVPE

20

特開平11-224972

8

またこの半導体材料は直接遷移型の広ワイドギャップ半 導体であるため、紫外から赤色までの発光素子の材料と D、緑色しEDが與現され、次の目標としてレーザダイ 長法を用いて基板上にエピタキシャル成長されている。 して知られており、最近この材料で高輝度な青色LE オード(LD)の実現が望まれている。

[0003] 錐化物半導体を用いた発光繋子として、例 えば特別平6-21511号公報にLED繋子が示され ングストロームの井戸層と、GaNよりなる膜厚100 ている。この公組ではInGaNよりなる膜厚100オ オングストローム障壁階とを積層した多載量子井戸構造 の活性層を備えるLED寮子が示されている。

20

[0004]

nGaNとGaNよりなる多虫量子井戸構造の活性層を 閉じ込め型のダブルヘテロ構造を有するLED素子が示 しかしながら、LDではLEDよりも、さらに発光出力 を高める必要がある。従って本発用はこのような事情を は、蛋化物半導体よりなる発光繋子の新規な構造を提供 することにより、発光出力を高めて半導体レーザを実現 [発用が解決しようとする瞑題] 前記公報によると、1 Gane、Alganよりなおクラッド値で挟んだ分割 されている。活性陽を多重量子井戸構造とすることによ り、発光出力に優れたLED聚子を得ることができる。 質みて成されたものであって、その目的とするところ

20

することにある。 0005

と、第三のn型層と、多監量子井戸構造を有する活性層 れ、ダブルヘテロ構造を有することを特徴とする。さら 課題を解決するための手段】本発明の発光素子は、n とが積層され、ダブルヘテロ構造を有することを特徴と する。また、本発明の発光繋子は、多重量子井戸構造を と、第三のp型層と、p型コンタクト層とが鬩に積層さ 型コンタクト層の上に、第一のn型層と、第二のn型層 に、第一のn型層と、第二のn型層と、第三のn型層 有する活性層の上に、第一のp型層と、第二のp型層 にまた、本発明の発光森子は、n型コンタクト層の上 8

と、多重量子井戸構造を有する活性層と、第一のp型層 層とが順に積層され、ダブルヘテロ構造を有することを と、第二のp型層と、第三のp型層と、p型コンタク Ş

GaNからなり、前記第一のn型層が1nを含むn型の 蜜化物半導体からなり、前配第二のn 型層がA | を含む n型の選化物半導体からなり、前配第三のn型層がGa N若しくはInを含む窒化物半導体からなることが望ま しく、また前記第一のp型層がA1を含むp型蛮化物半 導体からなり、前記第二のp型層がGaN若しくはIn [0006] 本発明において、前記n型コンタクト層が を含むり型選化物半導体からなり、前配第三のり型層が Alを含むp型蜜化物半導体からなり、前記p型コンタ クト層がGaNからなることが望ましい。また、多重量 称数とする。

**Best Available Copy** 

ල

子井戸構造を有する活性層では、井戸層の膜障が70オ ングストローム以下であり、障壁層の膜厚が150オン グストローム以下であることが望ましい。

[0007] さらに、本発明の発光薬子は、前配第二の n型層が光閉じ込め層であり、前記第三のn型層が光ガ イド層であり、位記第二の『型層が光ガイド層であり、 前記第三のp型層が光閉じ込め層であることが望まし [0008] 本発明の発光繋子において、多重量子井戸 構造 (MQW:Multi-quantum-well) を構成するInを 含む窒化物半導体よりなる井戸層には、三元混晶のIn 三元混晶のInGaNは四元温晶のものに比べて結 晶性が良い物が得られるので、発光出力が向上する。ま なるように積層して多重量子井戸構造を構成する。この 様に三元混晶のInYGal-YN (0<Y<1) が好まし た障壁層は井戸層よりもパンドギャップエネルギーを大 きくして、井戸+障盤+井戸+・・・+障盤+井戸層と (Gal-XN (0<X≥1)が好ましく、また降煙層も同

【0009】LDを実現する場合、活性層の膜厚、つま ングストローム以上に調整することが好ましい。200 ず、レーザ発扱しにくい傾向にある。また活性層の膜厚 り井戸周と障壁層を積層した活性層の総膜厚は200才 オングストロームよりも薄いと、十分に出力が上がら 力なしDを実現することができる。

も以すぎると出力が低下する傾向にあり、0.5μm以 下に調整することが望ましい。

ム以下、さらに望ましくは50オングストローム以下に カとの関係を示す図であり、発光出力はLED繋子につ 云える。これはこの膜厚がInGaN井戸層の臨界膜厚 以下であることを示している。InGaNでは電子のボ 闘整することが好ましい。図2は井戸層の膜厚と発光出 いて示している。出力に関してはLDでも回様のことが n G a Nの量子効果が70オングストローム以下で現れ 【0010】さらに井戸層の腹厚は70オングストロー −ア半径が約30オングストロームであり、このため1

同様に、LED案子について示すものであるが、LDに ム以下、さらに望ましくは100オングストローム以下 の早さに調整することが望ましい。図3は障壁層と膜厚 と発光出力との関係を示す図であり、発光出力は図2と [0011] また障壁層の厚さも150オングストロー 関しても同様のことが云える。

1) よりなるp型クラッド層が形成されていることが望 ましい。さらにこのAIGaNは1μm以下、さらに好 ましくは10オングストローム以上、0.5μm以下に [0012] 次に本発明の発光案子では活性層に接して 少なくともAlを含むp型の鑑化物半導体、好ましくは 三元混晶若しくは二元**混晶のA 1 ZG a 1−ZN(0 < Z≦** 

ることにより、素子の出力が格段に向上する。逆に活性 晉に接するクラッド層をG a Nとすると素子の出力が約 1/3に低下してしまう。これはAIGaNがGaNに ッド層の膜厚は1μmよりも厚いと、クラッド層自体に 推察されるが、詳しいことは不明である。またり型クラ 顕整する。このp型クラッド層を括性層に接して形成す に、InGaNが分解するのを抑える作用があるためと クラックが入りやすくなり素子作製が困難となる傾向に 比べてD型になりやすく、またD型クラッド層成長時

あるからである。

は、各層に係るストレスが違う。井戸層の上にInGa Nよりなる障壁層を積層すると、In GaNよりなる障 子は、先にも述べたように好ましくは、InGaNより なる井戸層と、井戸層よりもパンドギャップの大きい1 nGaNよりなる障壁層を積磨した多重量子井戸構造で ある。特別平6-21511号とは障壁層がGaNであ 5。これは緯膜の井戸層と障壁層とを積層したMQWで [作用] 特に活性層について述べると、本発明の発光素 v.。そのためクラッド層のAIGaNの厚さを厚くでき 盤層はGaN、AIGaN結晶に比べて結晶が柔らか

るのでレーザ発振が実現できる。一方、障壁層をGaN とすると、活性層の上にAIGaNよりなるクラッド層 を成長させると、そのクラッド層にクラックが発生しや

た、傾向にある。

量子単位問発光で約365nm~660nm関での高出

ように活性層をInGaNを積層したMQWとすると、

800より高い温度で成長させる。従って、InGaN ことは難しい。さらに井戸層の膜厚は数十オングストロ InGaNであるため、井戸層と障壁層が同一遺度で成 【0014】 さらに I n G a N F G a N F では結晶の政 長塩度が異なる。例えばMOVPE法では I n G a Nは 600℃~800℃で成長させるのに対して、GaNは よりなる井戸層を成長させた後、GaNよりなる障壁層 を成長させようとすれば、成長恒度を上げてやる必要が ある。成長遺度を上げると、先に成長させたInGaN 井戸層が分解してしまうので結晶性の良い井戸層を得る ームしかなく、薄膜の井戸層が分解するとMQWを作製 するのが困難となる。それに対し本発明では、障壁層も **長できる。従って、先に形成した井戸暦が分解すること** がないので結晶性の良いMQWを形成することができ

署、障壁層ともInGaNとすると、成長温度が一定に

保持できるので生産技術上非常に好ましい。

[0024] 活性層7成長後、温度を1050℃にして TMG、TMA、アンモニア、アクセプター不純物源と を用い、Mgドープp型A10.2G a0.8Nよりなる第一 のp型層8を100オングストロームの膜厚で成長させ た。この第一のp型層8は1μm以下、さらに好ましく は0. 1μm以下の膜厚で成長させることにより、1n 骨としての作用があり、また活性層の上にAlを含むp

30

め層、光ガイド層となる層を、例えば0、1μm以上の

作用する。つまり、この層がバッファ層となり次に成長 防止することができる。しかも次に成長させるA1を含 む蛮化物半導体層を厚膜で成長させても膜質良く成長で

製が困難であったが、第一のn型磨がパッファ層として させるAIを含む窒化物半導体層にクラックが入るのを

より、次に成長させるA1を含む窒化物半導体を厚膜で

化物半導体、好ましくはInGaNで成長させることに 成長させることが可能となる。LDの場合は、光閉じ込 膜厚で成長させる必要がある。従来ではGaN、A1G aN層の上に直接厚膜のAIGaNを成長させると、後 から成長させたAIGaNにクラックが入るので素子作

[0020] この第一のn型層4はInを含むn型の蜜

してCp2Mg(シクロペンタジエニルマグネシウム)

**型蜜化物半導体よりなる第一のp型層8を成長させるこ** 層はZn、Mg、Cd、Ca、Be、C等のアクセプタ

とにより、発光出力が向上する。またp型蜜化物半導

一不純物を成長中にドープすることにより得られるが、

パッファ層として作用しにくく、0.5μmよりも厚い と、結晶自体が黒変する傾向にある。なお、この第一の

い。100オングストロームよりも薄いと前記のように

きる。なお第一のn型層は100オングストローム以 上、0.5μm以下の膜厚で成長させることが好まし その中でもMgが最も好ましいp型特性を示す。さら

GaNよりなる活性層が分解するのを防止するキャッフ

る方法を述べるが、本発明の発光素子はMOVPE法だ けではなく、例えばMBE、HDVPE等の他の知られ とができ、またLDだけでなくLEDにも適用可能であ ている鑑化物半導体の気相成長法を用いて成長させるこ 【寒飯例】以下、MOVPE法によりLD素子を作成す

[0016] [実施例1] よく洗浄されたサファイア基 板1(0001面)をMOVPE装置の反応容器内に設 置した後、原料ガスにTMG(トリメチルガリウム)

20

と、アンモニアを用い、恒度500℃でサファイア基板 の表面にGaNよりなるパッファ層2を200オングス トロームの膜厚で成長させた。

長させることにより、基板の上に成長させるn型蛮化物 格子不整合を緩和する作用があり、他にAIN、AIG り知られている基板が用いられる。このパッファ層を成 【0017】このパッファ層は基板と蛮化物半導体との ファイアの街にスピネル111酒 (MgA1104) 、S iC、MgO、Si、ZnO等の単結晶よりなる従来よ a N等を成長させることも可能である。また基板にはサ 半導体の結晶性が良くなることが知られているが、成長

庫で成長させた。この第三のn型層 6 は L D の場合、光 不純物ガスにシランガスを用い、Siドープn型GaN よりなる第三のn型層6を500オングストロームの膜

1 μmの膜厚で成長させることが顕ましく、GaNの他 せることもでき、特にInGaN、GaNとすることに [0023] 次に原料ガスにTMG、TMI、アンモニ アを用いて活性層7を成長させた。 活性層7は湿度を7 50℃に保持して、まずノンドーブ 1 n0.2G a 0.8N よ りなる井戸層を25オングストロームの膜厚で成長させ た、ノンドープ 1 n 0.01 C a 0.95 N よりなる降戦層を 5 0 オングストロームの順厚で成長させる。この操作を1 3回繰り返し、最後に井戸層を成長させ総膜厚の. 1μ mの膜厚の多重量子井戸構造よりなる活性層7を成長さ せた。井戸層の好ましい膜厚は100オングストローム 以下、陣號層は150オングストローム以下の膜厚で成 長することにより、井戸層、障壁層が弾性的に変形して 結晶欠陥が少なくなり、素子の出力が飛躍的に向上する ので、レー扩発板が可能となる。さらに井戸層はInG aN等のInGaNを含む蛮化物半導体、障壁層はGa N、InGaN等で構成することが設ましく、特に井戸

方法、基板の種類等によりパッファ層が成長されない場 【0018】 使いて温度を1050℃に上げ、原料ガス る。 次にTMIのモル比を変化させるのみで同一個度

n型コンタクト層3を4μmの膜庫で成長させた。n型

• (シラン) ガスを用いて、S i ドープG a Nよりなる

にTMG、アンモニア、ドナー不純物としてSiH

コンタクト層3はGaNとすることによりキャリア濃度

の高い層が得られ、電極材料と好ましいオーミック接触

【0019】 次に温度を750℃まで下げ、原料ガスに

TMG、TMI(トリメチルインジウム)、アンモニ

|Ga0.9Nよりなる第一のn型層 4を500オングスト

ロームの模厚で成長させた。

7、不植物ガスにシランガスを用い、Siドナブ1n0.

より次の活性層を量子井戸構造とすることが可能にな

ガイド層として作用し、過常100オングストローム〜 にInGaN等のInを含むn型窒化物半導体で成長さ

[0022] 続いて、原料ガスにTMG、 膜厚で成長させることが望ましい。

€

に、アクセプター不純物をドープした後、不活性ガス雰 【0021】 次に、温度を1050℃にして、原料ガス n型層4は省略することもできる。

ニア、不純物ガスにシランガスを用いて、Siドープn mの膜厚で成長させた。この第二のn型層はLDの場合 にTEG、TMA(トリメチルアルミニウム)、アンモ 型A10.3Ga0.7Nよりなる第二のn型層5を0.5μ

[0025] 次に温度を1050℃に保持しながら、T a Nよりなる第二のp型層 9 を 5 0 0 オングストローム MG、アンモニア、Cp2Mgを用いMgドープp型G の膜厚で成長させた。この第二のp型層9はLDの場 ましいり型が得られる。

光閉じ込め層として作用し、通常0. 1 μ m ~ 1 μ m の 50

田気中で400℃以上のアニーリングを行うとさらに好

å

# **Best Available Copy**

特開平11-224972

<u>6</u>

おいて、しきい値電流密度 4.0kA/cm²で発光被長 410nm、半値幅2nmのレーザ発版を示した。 [0029] 合、光ガイド層として作用し、通常100オングストロ ーム~1 nmの膜厚で成長させることが望ましく、Ga

[発明の効果] 以上説明したように本発明の発光案子 は、好ましくInを含む蛮化物半導体よりなる井戸層 Nの他にInGaN等のInを含むp型強化物半導体で 成長させることもでき、特にInGaN、GaNとする ことにより次のA1を含む第三のp型層10を結晶性良

く成長できる。

と、Inを含む窒化物半導体よりなる障壁層とを積層し たMQWの活性層を有しているため、発光素子の出力が 向上してレーザダイオードが実現できた。これは脱質の 良い活性層が成長できていることによる。このように本 により、書き込み光顔、既みとり光顔としての容量が従 来に比べて飛躍的に向上し、その産業上の利用価値は非

> 20 [0026] 梳いて、TMG、TMA、アンモニア、C の第三のp型層10はLDの場合、光閉じ込め層として 作用し、0.1μm~1μmの膜厚で成長させることが 導体とすることにより、好ましく光閉じ込め層として作 第三のp型層10を0.5μmの膜厚で成長させた。こ 望ましく、AIGaNのようなAIを含むp型強化物学 p2Mgを用いてMgドープA10.3Ga0.7Nよりなる

発明の新規な構造により、短波長LDが実現できたこと

£ 3

心脏器器是

を用い、Mg ドープp型GaNよりなるp型コンタクト **蜀11を0.5μmの膜厚で成長させた。このp型コン** タクト層はMgを含むGaNとすると、最もキャリア激 度の高いり型層が得られて、正電極の材料と良好なオー [0027] 続いて、TMG、アンモニア、Cp2Mg

【図1】 本発明の一実施例に係るLDの構造を示す模 【図2】 本発明の一実施例に係る素子の活性層の井戸

式断回図。

[図画の簡単な説明]

常に大きい。

【図3】 本発明の一実施例に係る素子の活性層の障壁

層と発光出力との関係を示す図。 層と発光出力との関係を示す図。

2

[符号の説明] 1 · · · 基板

ミック接触が得られる。

・・・n型GaN(n型コンタクト層)

2・・・GaNベッフィ電

・・・n樹InGaN (第一のn燈種) S・・・n 控A 1 G a N (第二のn 燈雕) ・・・n型GaN(郷川のn型層)

[0028]以上のようにして鑑化物半導体を積層した ウェーハを反応容器から取り出し、図1に示すように最 このレーザ紫子をヒートシンクに敷置し、LDとしたと ころ、非常に優れた結晶が積層できていたため、常温に 1、 n型コンタクト圏3の装面を輸出させ、輸出したn れぞれストライプ状の電極を形成した後、ストライプ状 の電極に直交する方向から、さらにエッチングを行い垂 直なエッチング端面を形成して、そのエッチング面に常 **法に従って反射鏡を形成して共擬面とした。共擬面側か** 型コンタクト層3と、p型コンタクト層11の装面にそ ら見たレー扩採子の斯油図が図1に示す斯面図である。 上層のp型コンタクト層11より選択エッチングを行

3 光出力

10・・・p型AlGaN (第三のp型層) 11・・・p型GaN(p型コンタクト層)

[図2]

[<u>|</u>||

8・・・p型GBN (第10p 型層)

・・・p型A1GaN (第一のp型層)

・・・活性層

**特関中11-224972** 

9

(区図)

Ē 8

4.6.4.5.4.4.4

-2-

THIS PAGE BLANK (USPTC)